



KOREAN PATENT ABSTRACTS(KR)

Document Code:A

(11) Publication No.1020020091643

(43) Publication Date. 20021206

(21) Application No.1020010030484

(22) Application Date. 20010531

(51) IPC Code:

C23C 16/511

(71) Applicant:

HESED TECHNOLOGY CO., LTD.

(72) Inventor:

JUN, YEONG GWON

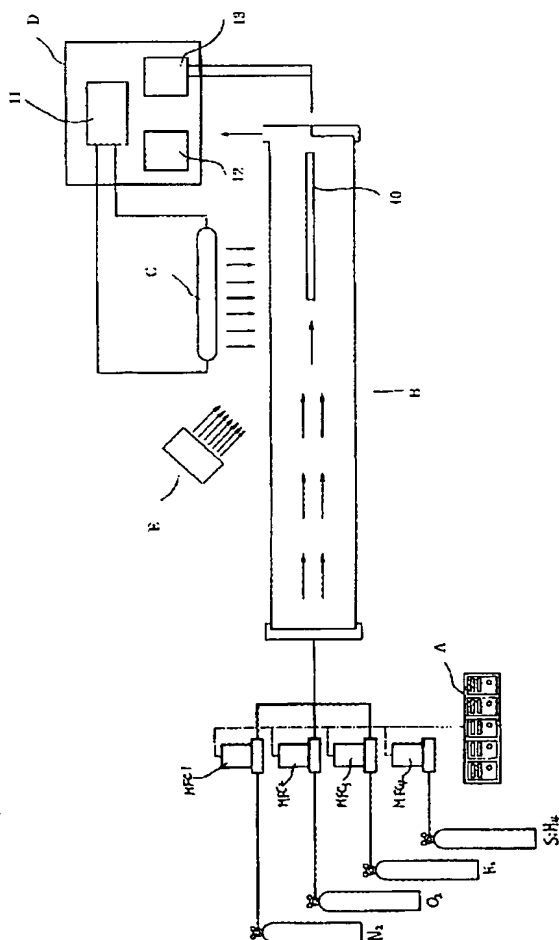
LEE, DONG UK

(30) Priority:

(54) Title of Invention

CHEMICAL VAPOR DEPOSITION EQUIPMENT USING MICROWAVE AND THIN FILM MANUFACTURING METHOD USING THE EQUIPMENT

Representative drawing



(57) Abstract:

PURPOSE: A chemical vapor deposition equipment is provided which is capable of depositing a thin film at a relatively low temperature by heating the thin film layer using microwave when depositing the thin film, and a thin film manufacturing method using the equipment is provided.

CONSTITUTION: In a chemical vapor deposition equipment comprising a control part for controlling amount of a reaction gas flown into a furnace and speed of the reaction gas, a heating part for heating the furnace, and a vacuum part for maintaining the furnace to the vacuum state, the chemical vapor deposition equipment is characterized in that the heating part comprises a microwave generator (E). The thin film manufacturing method comprises the process of activating reaction gas during deposition of a thin film and reducing

stress generation on the interface between a substrate(10) and the thin film by heating temperature inside a furnace using a chemical vapor deposition equipment comprising a microwave generator in a heating part, wherein the microwave generator has an output frequency between 15 MHz and 2.45 GHz, the microwave generator has an output between 250 W and 250 kW, the thin film is deposited using the substrate having a dissipation factor of 0.00004 or more, the thin film is deposited using a substrate having dielectric constant of 3.0 or more, a transparent ceramic substrate is used as the substrate, and a material deposited on the thin film layer is a semiconductor material comprising silicon (Si) or germanium (Ge).

© KIPO 2003

if display of image is failed, press (F5)

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. C23C 16/511	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특2002-0091643 2002년12월06일
------------------------------	------------------------	------------------------------

(21) 출원번호	10-2001-0030484
(22) 출원일자	2001년05월31일
(71) 출원인	(주) 헤세드테크놀러지 대한민국 305-340 대전광역시 유성구 도룡동 399-8 첨단빌딩 58호
(72) 발명자	전영권 대한민국 305-729 대전광역시 유성구 전민동 462-4번지 나래아파트 107동 1003호 이동욱 대한민국 305-348 대전광역시유성구화암동62-1KAIST첨단기술사업화센터4410
(74) 대리인	특허법인 원전
(77) 심사청구	있음
(54) 출원명	극초단파를 이용한 화학증착장치 및 그 장치를 이용한박막제조방법

요약

박막 공정이 시작되면 반응로 안에 놓여진 기판 부근에 극초단파를 조사하여 반응기체를 활성화시키고 이동도를 증가시켜서 박막 증착을 도와주는 특징을 가지며, 기판과 기판 위에 증착된 박막층을 극초단파(microwave)로 가열하여 비교적 낮은 온도에서 박막을 증착시키고 반응로 벽면과 기판에 붙어있는 수증기를 제거해주고, 증착된 박막의 원자층에 유동성을 주어 박막 품질을 높여주며 기판과 박막 사이에서 발생하는 스트레스를 줄여주고, 기판을 이동시키지 않고 반응로 안에서 어닐링(annealing)과 같은 열처리를 할 수 있는 화학증착 장치 및 그 장치를 이용한 박막제조 방법.

대표도

도1

색인어

단결정, 다결정, 비정질, 극초단파(microwave), Si, 사파이어, CVD

명세서**도면의 간단한 설명**

도 1은 본 발명에 따른 화학증착 장치의 구성도,

도 2는 RPCVD 반응로 안에 놓여진 반응로 내부의 반응상태도이다.

발명의 상세한 설명**발명의 목적****발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

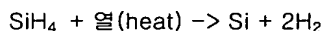
본 발명은 화학증착장치 및 그 장치를 이용한 박막 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 박막을 증착할 때 극초단파(microwave)를 사용하여 박막층을 가열하여 비교적 낮은 온도에서 박막을 증착시킬 수 있는 화학증착장치 및 그 장치를 이용한 박막제조방법에 관한 것이다.

실리콘 박막을 사용하여 제작하는 제품으로는 DRAM과 같은 메모리 칩, 중앙처리장치(CPU), CCD(Charge Coupled Device), TFT LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display) 그리고 SOI(Silicon On Insulator)와 같은 여러 제품이 있다. 이 중에서 DRAM이나 CPU 등은 실리콘 웨이퍼(silicon wafer) 위에 실리콘 박막을 증착하는 공정을 이용하기 때문에, 비교적 박막 증착이 쉽지만, TFT LCD나 SOI의 경우, 실리콘이 아닌 절연체 기판 위에 실리콘을 증착해야 하므로 품질 좋은 실리콘을 증착하기가 아주 어렵다. 더구나, TFT LCD는 투명한 기판 위에 TFT 박막을 증착해야 하므로, 실리콘 박막 층의 품질이 좋지 않다.

박막의 품질은 박막의 결정성과 치밀성으로 평가된다. 박막의 결정성은 단결정, 다결정, 비정질로 구분되며, 기판과 증착물질이 같은 경우, 품질이 좋은 단결정 박막인 에피택시 증착되지만, 서로 다른 기판인 경우, 대부분이 비정질 박막으로 증착되며 고온공정이나 추가공정을 사용하면 다결정 박막층이 형성된다. 그래서, 실리콘 막을 실리콘 웨이퍼 위에 증착하면 에피택시층이 형성되지만, 실리콘이 아닌 기판 위에서 실리콘을 증착하면 대부분이 비정질 박막이 되며, 비정질 박막이 형성되는 대표적인 예가 TFT LCD나 SOI 공정이다. 박막의 치밀성이란 증착된 박막의 결정성이 좋을수록 불순물이나 베이컨시(vacancy)가 포함되지 않으며 순수한 박막 증착물질로만 구성되는 것을 의미한다.

현재, 실리콘 박막의 품질을 가장 중요시하는 제품은 TFT LCD와 SOI 이다. TFT LCD나 SOI의 경우, 시장에서 선호하는 제품은 실리콘 박막의 품질이 단결정 에피택시 층인 제품이다. 일반적인 TFT LCD나 SOI의 공정에서 실리콘을 박막 형태로 증착하면, 대부분이 비정질 박막으로 증착된다. 그래서, 실리콘 박막의 품질을 시장에서 선호하는 제품 형태인 에피택시로 만들기 위하여 많은 추가적인 공정이 사용되고 있으며, 이에 따라 많은 비용이 추가되고 있다. 우선 여기서 실리콘 박막을 증착하는 과정을 살펴보자.

실리콘을 증착하기 위해서는 먼저 소스가스(source gas)를 준비해야 한다. 실리콘 증착에 있어서 일반적으로 가장 많이 사용하는 소스가스로는 사일렌(SiH_4)이 있다. 반응로(chamber)를 예열시킨 뒤, 소스가스를 반응로에 주입하고 열을 가하면 소스가스는 수소와 실리콘으로 분리된다. 이때, 반응식은 다음과 같다.



사일렌이 열분해(pyrolysis)되어 생성된 실리콘은 원자상태이지만, 기판 위에 증착되지 않은 상태이고, 실리콘 원자 스스로 기판 위로 이동할 수 없기 때문에 기판까지 실리콘을 운반해줄 운반기체가 필요하다. 비정질 실리콘 박막을 증착할 때처럼 반응온도가 400°C 이하로 낮을 때에는 일반적으로 질소(N_2)를 사용하지만, 다결정 박막을 증착할 때와 같이 반응온도가 $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ 사이이거나, 단결정 박막을 증착할 때와 같이 반응온도가 1000°C 이상일 경우, 온도 범위에 따라 사용하는 운반기체가 다르다.

반응온도가 600°C 이상일 경우, 운반기체로 사용하는 가스로는 두 종류가 있다. 실리콘을 증착하는 온도가 750°C 내지 1000°C 사이거나 그 이상의 고온일 경우, 수소(H_2)를 사용하고, 실리콘을 증착하는 온도가 $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ 사이일 경우 질소(N_2)를 사용한다.

지금 현재, 실리콘을 증착하는 때, 증착 조건을 하나로 하여 실리콘을 증착한다. 예를 들면, 1000°C 의 온도 0.5torr의 압력하에서 SiH_4 를 2sccm(standard cubic centimeter per minute)의 속도로, H_2 는 80sccm속도로 30분동안 반응로에 주입시키면서 실리콘 박막을 성장시킨다는 하나의 증착조건을 사용한다. 그러나, 실리콘을 증착하여 성장시킬 때, 성장조건을 하나의 조건으로 하지 않고 여러 개의 조건으로 하면 비록 비용이 많이 들고 시간도 많이 경과하지만 품질이 좋은 박막을 얻을 수 있어서 정밀한 제품을 제작할 때 사용된다.

시장에서 원하는 TFT LCD나 SOI의 박막은 다결정 또는 단결정 박막이다. LCD 프로젝터나 HMD(Head Mounted Display)에 사용되는 TFT LCD의 실리콘 박막은 단결정에 가까운 품질이 좋은 박막이며, 이런 제품은 고온 공정을 사용하여 제작할 수 있다. SOI에서도, SIMOX(Separation by IMplanted OXygen)나 ELTRAN(Epitaxial Layer TRANSfer) 또는 SMART CUT이나 BESOI(Bond and Etchback SOI)와 달리 실리콘 증착공정이 필요한 SOS(Silicon On Sapphire)의 경우, 고온공정을 통해 실리콘 단결정 박막을 증착하며 공정온도는 대략 $900^\circ\text{C} \sim 1100^\circ\text{C}$ 사이이다.

위에서 살펴본 것처럼, 품질 좋은 실리콘 박막을 증착하려면 공정온도가 아주 높아야 한다. 물론, 반응온도를 높여서 품질 좋은 실리콘 박막을 증착하면 되지만, 고온공정에 필요한 장치는 일반적으로 고가이며, 반응에 필요한 공정도 많아져서 비용이 증가하게 된다. 그래서, 실리콘 박막을 증착하는데 필요한 온도를 낮추는 방법을 개발하려고 많은 연구원들이 노력해왔고, 그 결과 낮은 온도에서 실리콘을 증착하는 방법으로 플라즈마를 사용한 PECVD(plasma enhanced chemical vapor deposition)가 개발되었다. PECVD는 라디오파(radio frequency wave)를 사용하여 플라즈마를 형성시켜서 박막을 증착하는 방법이다. 플라즈마는 아주 높은 온도조건 또는 아주 낮은 압력조건에서 생성된다. 박막 증착을 위해 사용하는 플라즈마는 아주 낮은 압력에서 생성된다. PECVD는 압력을 아주 낮은 상태에서 라디오파로 반응기체의 일부분을 플라즈마로 활성화시켜서 박막을 증착하는 방법이다. 그러나, PECVD를 통해 증착된 박막에는 응력이 많이 발생해서 막이 치밀하지 못하고, 박막의 품질도 좋지 않아서 많이 사용되지 못하고 있다.

박막에 응력이 발생하고 박막의 품질을 개선시키기 위한 방법으로 새롭게 개발된 방법이 RTCVD(Rapid Thermal Chemical Vapor Deposition)이다.

RTCVD는 비교적 낮은 온도로 박막을 증착하는 방법이다. 대부분의 박막증착방법은 반응로 전체를 가열하여 박막을 증착하지만, RTCVD는 기판의 일부분만을 급속하게 가열하여 박막을 증착시킨다. 그래서, 반응로 내부는 낮은 온도를 유지하지만, 박막 증착 부분은 높은 온도를 유지한다.

RTCVD는 급속하게 기판 일부분을 가열하기 때문에 급속한 열변화가 기판에서 발생한다. 급속한 열변화는 실리콘 박막에 응력(stress)을 유발시켜서 실리콘 박막은 단결정 형태라기보다는 다결정형태에 가깝게 된다. 그리고, 급속한 열변화는 기판과 박막사이의 계면에서 스트레스를 유발시키며, 이로 인하여 실리콘 박막 위에 회로를 구성할 경우, 회로에 스트레스를 가하여 소자가 변형되는 결과를 낳게 된다. 그래서, 이러한 열변화로 인한 스트레스를 줄이고, 실리콘 박막의 품질을 단결정에 가까운 상태로 변환하기 위해 새로운 방법이 강구되어야 하는 상황이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 저온에서 박막을 제조하는 화학증착장치 및 그 장치를 이용한 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명의 다른 목적은 실리콘 박막의 품질을 높일 수 있는 화학증착 장치 및 그 장치를 이용한 박막제조방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 반응로 내부를 직접 가열하지 않고 극초단파를 사용하여 가열함으로써 반응 기체를 활성화시키는 것을 목적으로 한다.

이러한 목적들을 달성하기 위한 본 발명에 따른 화학증착 장치는 반응로(furnace)로 유입되는 반응가스의 양과 속도를 제어하는 제어부와, 반응로(furnace)를 가열하는 가열부와, 상기 반응로를 진공상태로 유지시키는 진공부를 포함하여 이루어지는 화학증착(Chemical Vapor Deposition)장치에 있어서; 상기 가열부에 마이크로파 발생장치가 포함되는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따른 박막제조방법의 특징은 상기 화학증착장치를 이용하여 반응로 내의 온도를 가열하여 박막 증착시 반응기체를 활성화시키고, 기판과 박막층의 계면에서의 응력발생을 줄이는 점이다.

본 발명에 따른 박막제조방법의 세부적 특징은 상기 마이크로파 발생기가 915MHz 내지 2.45GHz 사이의 출력 주파수를 갖는 점이다.

본 발명에 따른 박막제조방법의 다른 세부적 특징은 상기 마이크로파 발생기는 250W 내지 250kW 사이의 출력을 갖는 점이다.

본 발명에 따른 박막제조방법의 또 다른 세부적 특징은 상기 기판은 유전손실각이 0.00004 이상인 기판을 사용하여 박막을 증착하는 점이다.

본 발명에 따른 박막제조방법의 또 다른 세부적 특징은 상기 기판은 유전율이 3.0 이상 기판을 사용하여 박막을 증착하는 점이다.

발명의 구성 및 작용

이하, 첨부된 도면을 참조로 본 발명에 따른 화학증착 장치 및 그 장치를 이용한 박막제조방법을 설명하기로 한다.

실리콘 박막을 증착한 뒤, 추가적인 공정을 통해 제작하는 제품으로는 SOI를 비롯하여 TFT LCD, CCD 등 여러 가지가 있지만, 본 발명에서는 SOI 공정을 예로 들어 설명을 한다.

SOI 공정에 앞서, SOI 공정을 수행할 RTCVD에 대해서 먼저 서술한다. RTCVD(rapid thermal chemical vapor deposition)는 반응로의 일부분을 급속하게 가열하여 박막을 증착하는 방법으로서, 일반적인 가열부(heating part), 진공부(vacuum part) 그리고 제어부(control part)로 구성된다. RTCVD는 램프에서 발생한 광선에 의해 가열되는 방식을 이용한 CVD방법의 일종으로서, 가장 작은 열전달 물질을 사용한다. 열에 의한 온도 상승률이 300℃/s 에 달할 정도로 급속하게 반응로(furnace) 내부를 가열시킨다. 본 발명에서는 RTCVD의 일종인 RPCVD(rapid photothermal chemical vapor deposition)를 사용하여 실리콘 박막을 증착한다. RPCVD와 RTCVD의 차이점이라면, RPCVD는 광선으로 반응로 내부의 온도를 올릴 뿐만 아니라, 소스가스(source gas)에 포함된 원자나 분자를 활성화(activated)시켜서 반응이 쉽게 일어날 수 있도록 활성화에너지(activation energy)를 낮춰준다는 점이다.

본 발명에 따른 화학증착장치는 반응로(furnace)로 유입되는 반응가스의 양과 속도를 제어하는 제어부와, 반응로(furnace)를 가열하는 가열부와, 상기 반응로를 진공상태로 유지시키는 진공부로 이루어지는 일반적인 RPCVD 장치와 달리 반응로 외부에 극초단파 발생장치(microwave generator)를 장착하여 반응로 내부에 놓여있는 기판과 증착되는 실리콘 박막 층을 가열해 준다.

그 기본구조를 살펴보면 도 1과 같다. A는 소스가스를 제어하는 장치로서 반응로 안으로 유입되는 소스가스의 양과 속도가 조절된다. 반응로에 유입되는 소스가스는 B부분인 석영튜브(quartz tube)내에 위치한 기판(10)위로 전달된다. 이때, C부분인 할로겐 램프는 근적외선(near infrared)영역에 속하는 빛(파장이 대략 $1.0\mu\text{m}$)을 발생시키며, 발생된 빛은 석영튜브(quartz tube)를 통과하여 기판부근을 급속히 가열시킨다. 반응로의 끝에는 펌프가 붙어있어서 반응로 내의 압력을 일정하게 유지시켜주며, 증착조건에 따라 반응로 내의 압력을 변화시켜야 할 경우, 반응로 내의 압력을 변화시켜준다. D는 할로겐램프를 조절해주는 장치로서 타이머(12) 및 온도조절기(13)를 이용하여 할로겐램프가 작동하는 시간과 할로겐램프의 세기를 조절하여 반응로 내부 온도를 조절해준다.

E는 극초단파 발생장치(microwave generator)로서 2.45GHz의 극초단파를 발생시키며, 쉽게 여러 방향으로 움직일 수 있어서 기판 부근 외에 반응로의 전지역으로 극초단파를 방출시킬 수 있다. 극초단파는 석영튜브(quartz tube)를 통과하여 반응로 안에 놓여있는 기판에 조사(irradiation)된다. 기판에 조사된 극초단파는 기판과 증착되는 박막 층을 가열시키며, 박막 층 부근에 위치한 반응기체를 활성화시켜주고 이동도(mobility)도 증가시켜서 박막 증착을 도와준다. 그리고, 박막 공정을 위해 반응로 벽면과 기판 위에 붙어있는 수증기를 제거하기 위하여, 박막 공정을 시작하기 전, 벽면과 기판부근으로 극초단파를 발생시켜 수증기를 활성화시켜서 벽면이나 기판으로부터 이탈시키는 역할을 한다.

도 2는 RPCVD 내의 기판부근 모습을 나타내준다. 기판부근으로 전달된 가스는 빛에 의해 활성화(activated)되어 기판 위에 증착된다.

물이나 금속은 극초단파와 아주 잘 반응하여 적은 양의 극초단파를 통해서도 많은 양의 열이 발생한다. 또한, 수증기에 극초단파를 가하면 많은 열을 발생할 뿐만 아니라, 운동에너지가 증가하여 벽면이나 기판과 같은 계면에서 이탈하여 이곳 저곳으로 계속 움직이게 된다. 그리고, 비금속 물질 중에서도 극초단파와 잘 반응하는 물질이 있으며, 실리콘과 같이 유전율이 높은 물질은 극초단파와 반응을 한다. 그래서, 실리콘 웨이퍼에 약 500W의 극초단파를 조사하면 600℃까지 온도가 상승하며, SiC의 경우 1500℃ 까지 상승한다. 본 발명에서는 SiC나 실리콘 웨이퍼를 사용하지는 않지만, 실리콘 박막을 증착하기 때문에 기판 위에 증착되는 실리콘 박막의 온도를 올릴 수가 있다.

RTCVD에 대한 간략한 설명이 끝났으므로, 이제부터는 SOI 공정을 통해 본 발명을 기술한다. SOI에 필요한 증착방법, 즉, RTCVD가 결정되었어도, SOI를 제작하려면 먼저 실리콘을 증착할 기판이 필요하며 본 발명에서는 사파이어 기판을 사용하여 실리콘을 증착하려고 한다. 사파이어 기판은 선처리(preprocess)없이 사용할 수 없기 때문에 증착에 알맞도록 간단한 공정을 해주어야 한다. RTCVD를 이용하여 면지수가 ()인 사파이어 기판 위에 면방향

1 1 0 2

이 (001)인 실리콘을 성장시키기 위해, 화학적 식각을 하여 사파이어 표면의 이물질들을 제거해야 한다. 화학적 식각을 통해 이물질을 제거하려면, 먼저 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene) 용액 속에 사파이어 기판을 담고 약 10분 정도 끓여주어야 한다. 이 과정을 통해 사파이어 기판 위에 묻어있는 유기물질이 제거된다. 그 다음, 사파이어 기판 위에 남아있는 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene)을 제거하기 위해 아세톤(aceton)에 용액에 담고 10분간 끓인다. 이 과정이 끝나면 표면에 남아있는 아세톤을 제거하기 위해 메탄올(methanol)에 용액에 넣고 10분간 끓여주고, 다시 메탄올(Methanol)을 제거하기 위해 순수한 물로 씻어준다. 그리고, 물을 증발시키고 사파이어 기판 표면에 묻어있는 수증기를 제거하기 위해 질소가스로 건조시키고, H

2SO_4 와 H_2PO_4 가 3:1로 섞인 용액에 담아 150℃의 온도로 15분

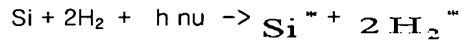
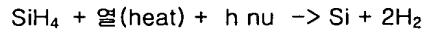
간 끓인 뒤, 다시 질소가스로 건조시켜서 실리콘을 증착하기에 알맞게 한다.

사파이어의 증착 처리가 마무리되었으면, 박막 증착을 위해 반응로 내부에 사파이어 기판을 넣는다. 도 1의 반응로에 사파이어 기판을 넣은 뒤, 반응로와 연결된 펌프를 작동시켜 반응로 안에 있는 가스를 밖으로 배출시켜서 반응로 내부 압력을 낮추면서, 램프(C)를 작동시켜서 반응로 내부 온도를 높여준다. 반응로와 연결된 펌프 중에서 rotary pump를 이용하여 반응로 안의 압력을 약 10^{-3} torr 정도의 진공상태로 유지하고 diffusion pump를 이용하여 약 10^{-6} torr의 초기 기본진공을 유지시킨다.

반응로의 벽면과 반응로 안에 놓여있는 사파이어 기판 표면에는 수증기(H_2O)가 붙어있는 상태이며, 기판 표면에 붙은 수증기(H_2O)는 Si의 증착을 방해하기 때문에 기판 표면에 붙어있는 수증기(H_2O)를 제거해야 한다. 일반적인 박막 증착 방법에서는 반응로 안을 가열하면서 수소가스를 흘려주어서 반응로 벽면과 기판 표면에 붙어있는 수증기를 제거하지만, 본 발명에서는 극초단파를 사용하여 수증기를 제거한다. 도 2의 E인 극초단파 발생기를 움직이면서 반응로 벽면과 기판을 향해 극초단파를 조사하면, 수증기는 활성화되어 계면으로부터 이탈하며, 반응로 벽면은 극초단파에 의해 가열돼 뜨겁게 되어 수증기의 벽면이탈을 도와준다. 반응로 안에서 이곳저곳으로 움직이는 수증기를 반응로 밖으로 내보내기 위해 반응로 안으로 수소 가스를 1분 동안 80 sccm(standard cubic centimeter per minute)의 속도로 주입시키면서 펌프를 작동시켜 수증기와 수소 모두 반응로 밖으로 내보낸다.

극초단파와 수소가스로 반응로 벽면과 사파이어 기판 표면에 붙은 물분자를 제거한 뒤, 900℃ 이하의 온도 환경에서 Si를 성장시키기 위해 수소(H₂)를 반응로 안으로 주입시키면서 천천히 반응로 내부를 가열시켜서 반응이 일어날 수 있는 분위기로 만든 다음, 800℃의 온도와 0.5 torr의 압력하에서 35분 동안 순도 99.9999%인 SiH₄를 2sccm의 속도로, H₂는 80sccm의 속도로 유입시켜 전체 가스의 유입속도가 82sccm(H₂/SiH₄ = 40)이 되도록 반응로(furnace) 안으로 가스를 흘려준다.

이 때, 도 2의 E인 극초단파 발생기를 작동시켜 기판 부근에 극초단파를 조사한다. 반응로 안으로 주입된 소스가스인 사일렌(SiH₄)은 열분해(pyrolysis)되어 실리콘과 수소로 분해되며, 극초단파에 의해 열분해가 가속될 뿐만 아니라, 열분해로 발생한 실리콘과 수소를 활성화된다.



극초단파에 의해 활성화된 실리콘 원자(Si^{*})는 열 분해된 실리콘 원자(Si)보다 이동도가 더 커서 사파이어 기판위로 쉽게 이동할 수 있다. 분리된 실리콘 원자는 수소기체에 의해 사파이어 기판 위로 운반되어 증착된다.

사파이어 기판 위에 증착된 실리콘은 운동성을 가지고 있어서 유동적인 형태로 기판 위에서 움직인다. 일반적인 방법으로 기판 위에 실리콘을 증착하면 대부분이 무질서한 형태로 있어서, 반응로 내부온도를 올리는 열처리 과정을 통해 실리콘 원자들의 이동도를 증가시켜서 실리콘 원자들이 조금씩 움직이도록 하여 결정성을 갖추게 한다. 이를 위해 실리콘 박막의 결정성이 좋은 단결정 에피택시 형태로 제작하려면 반응로 내부 온도를 1100℃ 이상의 온도로 높이고 시간을 장시간 경과시켜야 한다. 그러면 실리콘 에피택시 박막 층이 생긴다. 이에 반하여 본 발명에서 사용한 극초단파는 반응로 내부온도를 직접 올리지 않고 반응기체를 활성화시키고 이동도를 증가시켜서 기판 위에 증착된 실리콘 원자들의 결정성을 향상시킨다. 그래서, 본 발명에서는 반응로의 온도를 1100℃ 이상의 고온으로 올리지 않는다.

우선 본 발명에서 사용한 극초단파의 특징을 살펴보면 아래와 같다. 극초단파는 +, - 와 반응을 한다. 그래서, 주로 극성물질과 반응하여 물질을 회전시키거나, 움직이게 만든다. 이 과정에서 열이 발생한다. 극성 물질 외에도 부분적으로 전하분포에 의해 극성을 내포하는 물질도 움직이게 만들어서 열을 발생시킨다. 극성을 강하게 지닌 물체는 유전율이 크다. 그래서, 유전율이 클수록 극초단파와 반응을 잘해서 유전율이 큰 물체에 극초단파를 조사하면 많은 열이 발생된다. 그 대표적인 예인 물을 사용하여 설명하면 다음과 같다. 물은 유전율이 81이며, 극초단파와 아주 잘 반응한다. 전자렌지의 원리는 주파수가 2.45GHz인 극초단파를 발생시켜 물분자와 반응하게 함으로써 음식을 가열하는 것이다. 극초단파는 고체나 액체 외에도 기체와도 반응하여 발열시켜준다.

극초단파의 또 다른 특징은 기체분자를 활성화시킨다는 점이다. 활성화란 화학반응 및 물리적 반응이 쉽게 일어나도록 물체의 내부에너지가 높아진 상태를 의미한다. 보통 화학반응이 일어나기 위해서는 활성화에너지가 필요하며, 활성화에너지가 부족한 상태에서는 반응이 일어나지 않는다. 그래서, 물체를 활성화시켜주면 화학반응이 쉽게 일어난다.

본 발명에서처럼 극초단파를 사용하여 반응기체를 활성화시키는 것과 같이 반응기체를 활성화시켜서 박막을 증착하는 방법은 이미 사용되어지고 있다. 그 예로 PECVD와 ECR이 있다. PECVD(plasma enhanced CVD)는 라디오파(radio frequency wave)를 이용하여, 반응기체의 일부분을 플라즈마 상태로 만들어 박막을 증착하는 방법이다. 이를 위해서, 반응로 안의 압력을 아주 낮은 상태, 약 1 mTorr 이하로 낮춰야 한다. 이와 비슷한 방식으로 전자기파를 이용하여 플라즈마를 발생시켜서 박막을 증착시키는 방법으로 ECR(electron cyclotron resonance) CVD가 있다. ECR은 라디오파보다 플라즈마 발생효율이 더 좋은 극초단파를 사용한다. 이들 방법과 본 발명이 다른 점은 기존의 방법은 반응기체를 활성화시키기 위해 압력을 아주 낮춰야했다는 점이다. 이에 반하여, 본 발명은 1Torr 내지 0.1Torr 범위의 상압 증착 과정에서 반응기체를 활성화시킬 수 있다는 점이다.

극초단파는 물체를 가열시키고 활성화시켜주는 특징외에 소스가스의 이동도(mobility)를 높여주는 특징이 있다. 이동도는 소스가스가 주위의 다른 분자나 원자 또는 기판에 의해 힘을 받아 구속되지 않고 자유롭게 움직일 수 있는 능력을 나타내주는 지표로서, 이동도가 클수록 자유롭게 움직이면서 증착되어야 할 위치로 쉽게 이동하게 된다.

일반적으로 박막 증착시 실리콘과 같은 원자의 이동도를 높여주는 방법으로 두 가지가 있다. 하나는 반응로 내부 온도를 높여주는 것이고, 다른 하나는 압력을 아주 낮게 만드는 것이다.

공정 온도를 높여서 이동도를 증가시키는 예로서, 실리콘 에피택시를 증착할 때, 실리콘의 이동도를 충분히 높여주기 위하여 공정온도를 약 1100℃ 이상으로 높이는 방법이 사용되고 있다. 공정온도를 높여주면, 원자나 분자에 에너지가 공급되어 내부에너지가 높아지고, 내부에너지는 이동도를 증가시켜서 원자나 분자가 자유롭게 움직일 수 있는 범위가 넓어진다. 이동도를 증가시키면 원자나 분자가 바른 위치에 증착되어서 박막의 품질이 좋아지며, 에피택시와 같이 결정성이 좋은 박막을 증착하기 위해서는 반드시 반응기체의 이동도를 높여주어야 한다. 그러나, 공정온도를 높이려면 공정에 사용되는 장비도 고온에서 사용할 수 있는 장비여야 하므로, 장비가격이 올라가고, 고온공정시 추가적인 공정이 수반되어 전체적인 비용은 상당히 증가하게 된다. 그래서, 고온공정은 일반화되지 않은 방법이다.

이동도를 높여주는 또 다른 방법으로 압력을 낮추는 방법이 있다. 압력을 아주 낮추면 반응로 내의 단위 부피당 실리콘 원자의 수가 아주 적게 된다. 그러면, 실리콘 원자는 쉽게 이곳저곳으로 움직이면서 바른 위치에 증착된다. 이런 방법을 사용하여 아주 정밀한 박막증착을 하는 방법으로 MBE(molecular beam emission)가 있다. MBE(molecular beam emission)는 압력을 아주 낮은 초진공 상태로 만들어서 실리콘 원자가 충분히 이동할 수 있는 여건을 만들어줌으로써 정밀한 증착을 한다. 이와 같이 압력을 낮추려면 아주 많은 진공장비와 펌프장비가 필요하다.

원자나 분자와 같이 반응기체를 활성화시키거나 이동도를 증가시키기 위해 공정온도를 높이거나 압력을 아주 낮추는 방법은 비용이 많이 들고, 추가적인 공정이 필요해서 공정이 많아진다.

반응기체를 활성화시키거나 이동도를 증가시키기 위해, 기존 방법과 달리 본 발명은 극초단파를 사용하여 반응기체를 활성화시키는 동시에 이동도를 증가시킬 수 있다. 극초단파를 사용하면, 열분해뿐만 아니라, 실리콘과 수소를 활성화시켜서 사일렌의 열분해를 촉진시켜주고, 실리콘의 이동도(mobility)를 증가시켜서 증착되는 박막의 품질을 높여준다. 또한, 이동도가 크면 실리콘이 증착되어야 할 바른 위치로 이동하기 쉬워진다. 실리콘이 제자리에 증착되면 기판과 박막사이에 발생하는 결함과 잉여 스트레스가 줄어들며, 또한, 박막 자체 내에 존재하는 결함과 잉여 스트레스도 줄게된다.

극초단파의 발열 특성을 이용하여, 본 발명은 반응로 내부를 800℃의 온도로 유지하고 실리콘 박막을 증착시킨다. 이때, E인 극초단파 발생기를 작동시켜서, 발생한 극초단파를 사파이어 기판부근에 조사한다. 극초단파는 원자나 분자를 진동시켜서 열을 발생시킨다. 일반적으로, 유전율(dielectric constant)이 클수록 가열이 잘된다. 그래서, 물(유전율 80)과 같이 유전율이 아주 높은 물질은 순식간에 가열되지만, 실리콘(유전율 13)이나 사파이어(유전율 10.5) 그리고 석영(유전율 4.3)은 비교적 천천히 가열된다.

극초단파에 의한 물질의 온도상승은 아래 식과 같다. 여기서 ΔT 는 상승온도, f 는 극초단파의 주파수, ϵ_r 은 유전율(dielectric constant), $\tan\delta$ 는 유전손실각(dissipation factor), E 는 전기장(electric field), C 는 비열(specific heat), ρ 는 밀도(density)이다.

$$\Delta T = \frac{f \cdot \epsilon_r \cdot \tan\delta \cdot E^2}{C \cdot \rho} \times 8 \times 10^{-12}$$

예를 들어 설명하면 다음과 같다. 반응로 안에 실리콘 기판을 놓고 오직 극초단파에 의한 가열온도를 측정하기 위하여, 2.45GHz 500W로 실리콘 기판에 극초단파를 조사하면, 약 550℃로 가열된다. 참고로 사파이어의 유전 손실각은 약 0.001이고, 비열은 0.18cal/g·K, 밀도는 3.98g/cm³이며, 사파이어 외에 기판으로 사용할 수 있는 석영기판의 경우, 유전손실각은 0.00004이고, 비열은 0.17cal/g·K, 밀도는 2.6g/cm³이다. 실리콘의 유전손실각은 0.002이고, 비열은 약 0.2cal/g·K, 밀도는 약 2.33g/cm³이다.

극초단파의 출력은 가해진 전압, 즉, 전기장에 비례한다. 그래서, 위의 식에서 표현된 전기장의 제곱은 곧 극초단파의 출력의 제곱에 비례하여 온도가 상승함을 의미하며, 극초단파의 출력을 높이면 실리콘 기판은 더 높은 온도로 가열된다.

본 발명에서는 915MHz에서 2.45GHz의 주파수 범위를 갖는 극초단파를 사용한다. 그리고, 반응에 필요한 최소 출력은 2.45GHz인 극초단파를 기준으로 하면, 실리콘 증착반응이 이루어질 수 있는 온도인 200℃까지 가열시킬 수 있는 출력, 즉, 250W이고, 최대 출력은 실리콘을 단결정으로 증착할 수 있는 온도인 1100℃까지 가열시킬 수 있는 출력, 즉, 1KW이지만, 반응로가 낮은 압력이고 쉽게 열전달이 이루어지지 않는 조건임을 감안하여 5KW를 최대출력으로 한다. 그리고, 915MHz의 극초단파를 기준으로 하면, 최소출력은 700W이고 최대출력은 30KW이다. 또한, 여기서 고려할 점은, 온도상승식은 이론값으로서 발생한 극초단파가 100% 유전물질의 온도상승에 기여한 것으로 가정했지만, 실제 실험상에서 사용하는 극초단파 발생장치는 유전물질에 조사하는 극초단파장치의 디자인을 하는 방향에 따라 유전물질의 온도상승에 기여하는 극초단파의 분량(ratio)은 다양하기 때문에 최대 출력값을 높게 잡은 것이다.

극초단파에 의한 물체의 온도상승은 비교적 다른 가열매체에 의한 온도상승보다 효율이 우수하다. 반응로 내부의 온도를 가열하는 방법은 가스를 플라즈마 상태로 만들어 온도를 올리거나, 빛과 같은 광선을 이용하여 가열한다. 그러나, 플라즈마를 생성할 경우, 플라즈마에 의해 기판과 박막부분의 온도는 크게 상승하기 어렵고 비용이 많이 든다. 그리고, 광선을 사용할 때도 기판이나 박막부분보다는 주입된 가스의 온도상승이 더 크다. 이에 반하여 극초단파의 경우, 주입된 가스보다는 사파이어 기판과 실리콘 박막부분에 더 잘 흡수되며, 곧바로 열을 생성시키기 때문에 효율적으로 기판과 실리콘 박막 층을 가열할 수 있다.

극초단파를 사용하여 사파이어 기판과 실리콘 박막 층을 가열할 때, 사파이어 또한 가열되므로, 박막 증착 후 사파이어 기판과 실리콘 박막 층 사이에서 잉여 스트레스(residual stress)가 거의 발생하지 않게 된다. 그래서, 박막 증착 후 발생하는 미세 크랙(micro crack)과 같은 결함이 발생하지 않게 된다.

극초단파는 주파수가 비교적 높기 때문에 물체에 조사되었을 경우, 극초단파가 침투할 수 있는 깊이가 깊지 않다. 일반적으로 전자기파가 물체에 조사되었을 때, 침투되는 깊이(D)는 다음과 같다.

$$D = \frac{\lambda}{2\pi} \left(\frac{2}{\epsilon_r \cdot \sqrt{1 + \tan^{-1}\delta}} \right)^{\frac{1}{2}} \cong \frac{9.56 \times 10^7}{f \sqrt{\epsilon_r \cdot \tan\delta}} \quad (\text{m})$$

D는 침투 깊이, λ 는 파장이며, 파장이 짧은 전자기파, 즉 진동수가 높은 전자기파는 침투깊이가 짧다. 그래서, 진동수가 높은 전자기파는 두꺼운 물체를 통과하지 못하고, 진동수가 작은 전자기파가 두꺼운 물체를 통과할 수 있다.

박막은 두께가 얇기 때문에 대부분의 전자기파가 다 통과할 수 있으며, 전자기파에 의한 온도상승은 진동수가 높을수록 커지기 때문에 박막을 가열하려면 진동수가 큰 극초단파가 적당하다.

위에서 살펴본 바와 같이 본 발명에서는 극초단파를 사용하여 박막을 증착하였다. 800℃의 온도와 0.5 torr의 압력하에서 35분 동안 순도 99.9999%인 SiH_4 를 2sccm의 속도로, H_2 는 80sccm의 속도로 유입시켜 전체 가스의 유입속도가 82sccm($\text{H}_2/\text{SiH}_4 = 40$)되도록 한 뒤, 반응로(furnace) 안으로 가스를 흘려주면서 극초단파를 기판 부근에 조사하면, 실리콘 박막이 증착된다. 이 때, 극초단파 발생장치는 박막 증착공정 이후에도 사용할 수 있으며, 박막이 증착된 기판에 극초단파를 조사함으로써 어닐링(annealing)과 같은 열처리 효과를 낼 수 있으며, 어닐링을 위해 다른 장치로 박막이 증착된 기판을 옮기지 않아도 된다는 장점이 있다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 비교적 낮은 온도와 상압의 압력에서 극초단파를 사용하여 반응기체를 가열시키고 활성화시켜서 박막 증착시 박막의 품질을 향상시켜주며, 박막이 증착되는 기판과 박막 층을 가열하여 기판과 박막 층 사이에서 발생하는 계면 응력을 줄여주어서 박막 층위에 회로 층을 구성할 경우, 회로 층의 비틀림을 방지하여 주며 박막 증착후 발생하는 박막 층의 미세크랙을 방지해준다. 또한, 박막 층을 극초단파로 가열함으로써, 박막 층 내부에서 발생하는 응력을 줄여주고, 반응기체의 이동도를 증가시켜서 박막 층에 발생하는 베이컨시(vacancy)를 비롯한 결함을 줄여준다. 또한, 추가적인 열처리 공정시 기판을 이송하는 작업을 줄여주고, 반응로 내부에서 극초단파에 의한 열처리를 가능하게 한다. 이런 특징들은 정밀한 박막 증착을 가능하게 해주고, 낮은 온도와 상압의 압력 조건에서 박막을 증착할 수 있도록 도와주기 때문에 많은 비용을 절감시켜주는 효과를 갖는다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

반응로(furnace)로 유입되는 반응가스의 양과 속도를 제어하는 제어부와, 반응로(furnace)를 가열하는 가열부와, 상기 반응로를 진공상태로 유지시키는 진공부를 포함하여 이루어지는 화학증착(Chemical Vapor Deposition)장치에 있어서:

상기 가열부에 마이크로파 발생기가 포함되는 것을 특징으로 하는 화학증착장치.

청구항 2.

제 1 항에 따른 가열부에 마이크로파 발생기를 포함하는 화학증착장치를 이용하여 반응로 내의 온도를 가열하여 박막 증착시 반응기체를 활성화시키고, 기판과 박막층의 계면에서의 응력발생을 줄이는 것을 특징으로 하는 박막제조방법

청구항 3.

제 2 항에 있어서:

상기 마이크로파 발생기는 915MHz 내지 2.45GHz 사이의 출력 주파수를 갖는 것을 특징으로 하는 박막제조방법.

청구항 4.

제 2 항에 있어서:

상기 마이크로파 발생기는 250W 내지 250kW 사이의 출력을 갖는 것을 특징으로 하는 박막제조방법.

청구항 5.

제 2 항에 있어서:

상기 기판은 유전손실각이 0.00004 이상인 기판을 사용하여 박막을 증착하는 것을 특징으로 하는 박막제조방법.

청구항 6.

제 2 항에 있어서:

상기 기판은 유전율이 3.0 이상 기판을 사용하여 박막을 증착하는 것을 특징으로 하는 박막제조방법.

청구항 7.

제 2 항에 있어서:

상기 기판은 투명 세라믹 기판을 사용하는 것을 특징으로 하는 박막제조방법.

청구항 8.

제 2 항에 있어서:

상기 박막 층위에 증착되는 물질은 실리콘(Si)이 포함된 반도체 물질인 것을 특징으로 하는 박막제조방법.

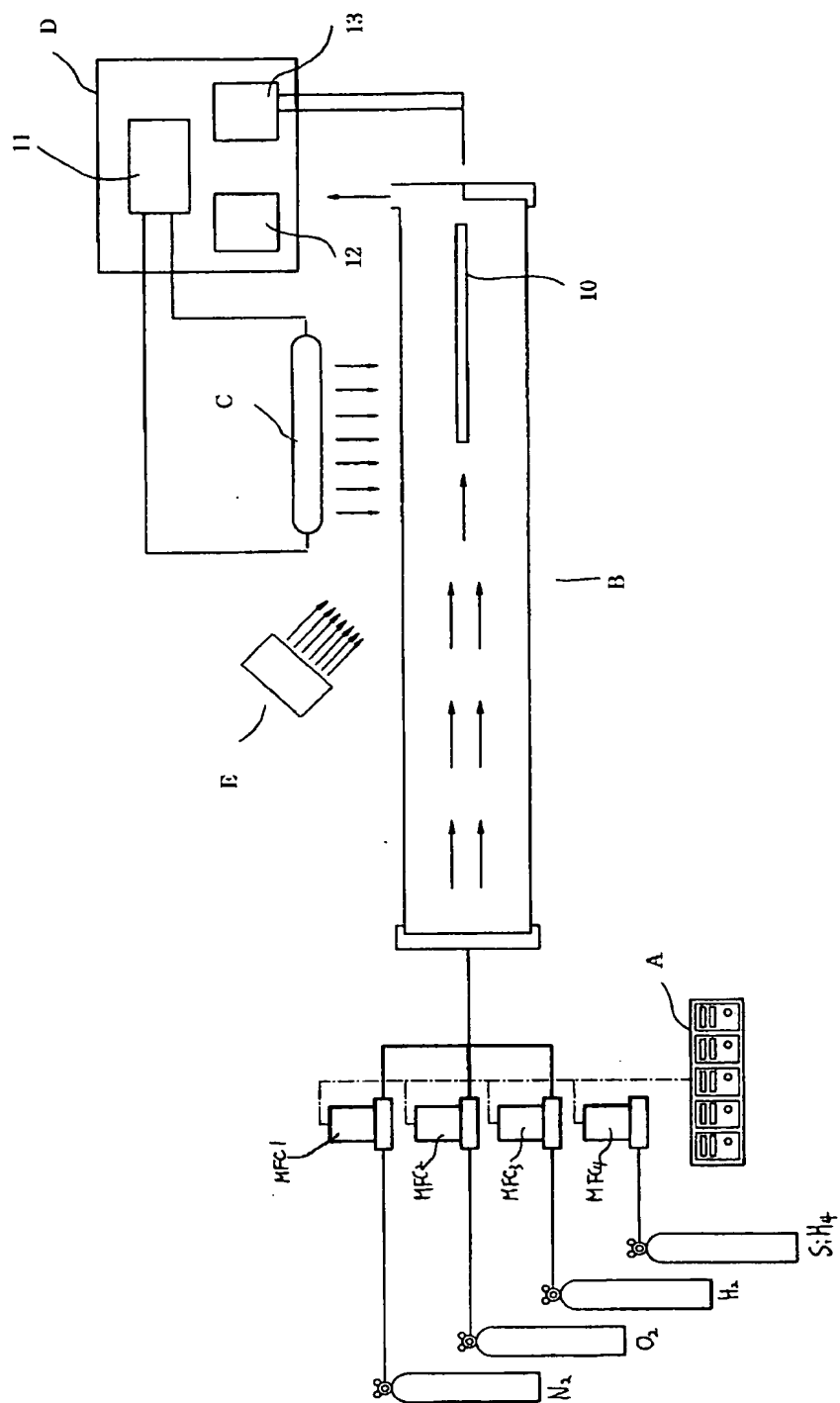
청구항 9.

제 2 항에 있어서:

상기 박막 층위에 증착되는 물질은 게르마늄(Ge)이 포함된 반도체 물질인 것을 특징으로 하는 박막제조방법.

도면

FIG 1



도면 2

